

Черные крылья МС-21. Прогресс или авантюра?

Довольно часто в средствах массовой информации приводятся сообщения о Российских прорывных, перспективных и не имеющих аналогов проектах.

В авиационной индустрии, таким проектом, с полным правом можно назвать МС-21. Комментаторы на разный лад восхваляя проект, чаще всего упоминают об некоем, уникальном «черном крыле».

Именно это самое- «черном крыло», должно помочь (ОАК- объединенная авиастроительная корпорация России) побить конкурентов из Боинга и Эрбас, ввергнув их в тоску и уныние авиастроителей из Европы и США.

Вопрос, далеко не праздный, так как цена проекта МС-21 уже перевалила за 450 млрд. рублей, а это не много не мало стоимость 100(сто!) «президентских» лайнеров ИЛ-96, которые к тому же втрое больше чем МС-21!

Не дороговато ли для обещанного триумфа над иностранными конкурентами?

Пример Суперджет-100 говорит о том, что, обещанные международные «победы» почему-то находят подтверждение в финансовой отчетности исключительно в графе – «убытки». Конкретизируем вопрос.

Поможет ли «черное крыло» МС-21 в борьбе с конкурентами, или России снова достанутся лозунги и убытки, а иностранным комплектаторам прибыль?

Что ж, постараемся разобраться с этой непростой проблемой, а для этого нам понадобится много информации.

Итак, приступим...

Часть 1 История применения композитных материалов в авиации на примере отечественного и зарубежных опыта.

С самого начала необходимо определиться с терминами.

Все дело в том, что в авиастроении используется термин «композитное крыло» или ПКМ-полимерные композитные материалы.

Термин же «черное крыло» -сленговый оборот, и ведет свое происхождение от композитных деталей черного цвета выполненных из волокон, того же черного цвета (как правило, углеродных).

Разобравшись с терминами, перейдем к главному, вопросу-а зачем оно собственно нужно,- это черное крыло? Почему именно такое решение должно придать МС-21 невиданные преимущества?

Для начала обратимся немного к истории авиации в части авиационных материалов.

Хорошо известно, что прогресс человечества, состоял и состоит в непосредственной связи с освоением новых материалов, а также технологиями их получения и применения.

Именно применение новых материалов позволило достигнуть как количественных, так и качественных успехов в развитии нашей цивилизации.

Особенно ярко этот тезис иллюстрирует авиационная индустрия.

Авиация и космос –общепризнанный показатель прогресса развития передовых отраслей знаний.

Исторически с авиацией связано большое кол-во достижений человеческой мысли в области науки, инженерного искусства и материаловедения.

Радиолокация, турбонаддув, впрыск топлива, газотурбинные двигатели, внедрение алюминиевых, магниевых и титановых сплавов –эти новации можно с полным основанием отнести на долю авиационной индустрии.

В настоящее время, основной конструкционный материал для авиации алюминий и его сплавы.

Появившись в начале XX века алюминиевые сплавы прочно заняли место основного конструкционного материала в авиационной индустрии.

Остается он таковым и сейчас, в XXI веке.

Сочетание прочности, легкости и низкой стоимости сделало его незаменимым для применения в авиастроении.

Однако прогресс не стоит на месте. Постоянный рост требований, к авиационной технике со стороны военных и гражданских заказчиков вызвал целый ряд действий, одним из которых стал поиск новых авиационных конструкционных материалов.

В 60-е годы XX века, в поиске путей облегчения конструкции, конструкторы наряду с титановыми и магниевыми сплавами начали повсеместно применять и композитные материалы.

В аэрокосмической индустрии применяют полимерные композитные материалы. Состав и технология их производства достаточно проста.

Плетенная основа в виде тканного полотна выполненная из углеродных нитей, пропитывается полимерными синтетическим смолами. Затем изделию в сыром виде придают необходимую форму давлением и подвергают нагреву. Смола затвердевает. Лишние свесы обрезаются-изделие готово.

Первой ласточкой в применение композитов стал американский F-111.

Примером широкого применения композитов в отечественной современной авиации является лайнер Ту-204, который содержит в элементах своей конструкции 25% деталей из композитных материалов-закрылки, элероны, интерцепторы, рули высоты и направления, а также панели люков, полов и интерьера.

Изготовленный с применением композитов. Ту-204 СМ

Панели из композитов – белые стеклопластик, черно-серые- углепластик.



В чем преимущество композитных конструкций в авиации?

По сравнению с алюминиевыми сплавами композитные материалы имеют два важных полезных отличия:

1 – простота производства тонкостенных деталей сложной формы!

2- упругость - свойство твердых тел восстанавливать свою форму при прекращении действия сил, изменяющих форму или размеры тел

Там где достоинства, там, в соответствии с принципами диалектики, и недостатки. И они существенные.

Главный недостаток- отсутствие надежных способов диагностики нарушений прочности конструкций, состоящих из композиционных материалов. Другими словами, не существовало способов обнаружить начало процесса разрушения конструктивных элементов авиалайнера. Соответственно разрушение конструкции в полете может привести к катастрофе. Есть и другие,- колкость при ударе, низкая устойчивость к нагреву, высокая стоимость композитов и трудоемкость их ремонта. Недостатки композитов и отсутствие опыта, ограничивало использование этих материалов в авиации.

Поэтому первоначально, композитные материалы применяли исключительно для изготовления второстепенных, не силовых элементов конструкции воздушного судна,- обтекатели, детали оперения, капоты двигателей.

Часть мотогондолы двигателя ПС-90



Именно в производстве деталей в виде объемных геометрических тел и поверхностей двойной кривизны - первое положительное свойство композитов-простота производства, пришлось как нельзя кстати.

Второе свойство композитных материалов-**упругость** долгое время не находило применения, по причине высоких, на тот момент рисков, а также наличия более простых способов улучшить характеристики авиационной техники.

Некоторым исключением можно считать безмоторные планеры, но это учебные одноместные летательные аппараты небольших размеров...

Планер с крылом из композитных материалов



Первым случаем применения композиционных материалов для такой сложной и нагруженной конструкции как крыло пассажирского воздушного судна, стал американский дальнемагистральный лайнер Boeing-787.



Что же заставило американцев поступить так, проигнорировав возможные риски? Ответ достаточно прост – к началу XXI века большинство возможностей по совершенствованию авиалайнеров были исчерпаны. Турбореактивные двигатели к примеру, достигли такого уровня совершенства, что дальнейшие попытки улучшить характеристик требуют огромных затрат без всяких гарантий успеха

Доказательством служат технические проблемы при эксплуатации двигателей нового поколения, - британского Rolls-Royce Trent 1000 и PW1400G от американской компании Pratt & Whitney

Инженеры Boeing выбрали композитное крыло, - так как такое решение обещало, в сложившихся условиях наилучший результат.

Рассмотрим данный тезис подробнее.

Из практики авиастроения известно, что, чем больше размах крыла, тем меньше его аэродинамическое сопротивление. Это значит, что авиалайнер, оснащенный длинным и узким (в плане) крылом потратит меньше топлива, по сравнению с другим самолетом, оснащенный относительно коротким и широким крылом, той же площади.

Меньше расход топлива больше дальность!

АНТ-25 рекордный самолет-1938 год, СССР



Чем длиннее крыло, тем большие нагрузки оно испытывает! Вместе с длиной (размахом) крыла возрастает и плечо (рычаг) приложения силы, а с ним и момент. Поэтому чем больше размах крыла, тем сложнее обеспечить его прочность! Другими словами, рост массы на обеспечение прочности может запросто съесть весь положительный эффект от применения крыла большой длины. В этом случае, второе положительное свойство композитных материалов - а именно упругость, оказались востребованным в полной мере. Напомним, что упругость материала - способность изменять форму под воздействием нагрузок, возвращаясь к прежнему состоянию после снятия нагрузки. Так крыло Boeing-787 Dreamliner может отгибаться вверх до 7м!



Потому там, где алюминий теряет прочность и разрушается, композиты лишь временно изменяют форму, изгибаясь под воздействием нагрузки без разрушения.

Boeing-787 Dreamliner в полете. Хорошо видна работа «черного крыла».



Изящный изгиб крыла, в его самой тонкой части, имеет еще одно полезное свойство - наряду с «длинным крылом» - это существенный фактор дополнительного снижения аэродинамического сопротивления (до 5%), и увеличения подъемной силы (до 2 %). Для лайнеров, не обладающих столь же совершенным крылом, разработчики вынуждены применять винглеты –вертикальные крылышки для того что бы компенсировать недостаточный размах крыла, без увеличения геометрических размеров. Это в свою очередь ведет к росту массы крыла, а, следовательно, к увеличению расхода топлива, а это влияет на дальность!

Boeing-767 - предшественник модели 787, оснащенный вертикальными крылышками на за концовках крыла –винглетами.



В результате BOING-787 превзошел своего предшественника BOING-767 по всем статьям, - топливной эффективности на 15-20%, дальности 25 %, комфорту для пассажиров (салон увеличенной на 40 см. ширины).

Большую часть успеха можно смело отнести на счет нового композитного крыла, большого размаха.

Размах крыла BOING-787 равен 60 метров что на 25 % превышает размеры крыла его предшественника- BOING-767, и равен таковому у более тяжёлой машины (на 100 тонн) - BOING-777.

Ситуацию хорошо иллюстрирует представленный ниже рисунок.

AIRPLANE	777-300ER	787-8	767-300ER
LENGTH	242 ft 4 in (73.8 m)	186 ft 1 in (56.7 m)	177 ft 9 in (54.2 m)
WING SPAN	212 ft 7 in (64.8 m)	197 ft 3 in (60.1 m)	156 ft 1 in (47.6 m)
TAIL HEIGHT	61 ft 10 in (18.8 m)	55 ft 6 in (16.9 m)	52 ft 7 in (16.0 m)

Тут необходимо отметить,- большая дальность, экономия топлива и высокие показатели комфорта важны для самолетов, летающих на протяженных трассах и длительное время находящихся в режиме крейсерского полета. Именно на этом режиме происходит основная экономия топлива.

Поэтому американские инженеры в качестве платформы для применения композитного крыла большого размаха выбрали лайнер для сверхдальних перелетов (до 15000км.)

В ходе реализации проекта нашли практическое решение целый ряд проблем связанных с проектированием, испытаниями, производством и эксплуатацией композитного крыла большого размаха.

. Большое количество ресурсов было затрачено на систему диагностики.

Специалистами Boeing создана система контроля, отслеживающая аэродинамические характеристики работы крыла. Эта система, с помощью специальных датчиков фиксирует и передает на землю необходимую информацию. Система носит название Digital Airline, и позволит предсказать, где произойдет поломка, и, пока самолет еще в воздухе, подготовить запасную деталь.

Были приняты меры по стандартизации и унификации материалов для всех сторонних поставщиков по всему миру. Были предусмотрены меры по обеспечению ремонта композитных конструкций непосредственно на местах.

Новизна конструкции потребовала и соответствующих затрат.

Неудивительно что программа создания Boeing -787 обошлась в 32 млрд. дол.

Стоила ли овчинка выделки? Судите сами.

За 10 лет на Boeing 787 получено 1 223 нетто-заказа на сумму до 300 млрд. дол. !

Он-самый активно продаваемый широкофюзеляжный американский самолёт в истории.

Для сравнения, за 35 лет было продано 1 204 единицы Boeing 767.

В заключении необходимо указать еще на один факт- американские компании мировые лидеры в разработке, производстве и использовании композитных материалов.

В Америке накоплен большой научно-практический опыт в данной области, в том числе и навыки ремонта силовых композитных элементов авиалайнеров.

Подведем итог 1 части:

1.Основное преимущество композитов, перед алюминиевыми сплавами –упругость, а вовсе не масса. Так плотность композитов достигает 2000 кг/м³,-аналогичный показатель алюминия 2700 кг/м³, а плотность специальных сплавов и того меньше.

2.Использование свойств упругости композитов в конструкции Boeing 787, позволило создать «длинное» крыло (размах крыла- 60 м), идеальное с точки зрения аэродинамики. Это позволило получить существенную экономию топлива (15-20%), и небывалый, до этого уровень комфорта для пассажиров.

3.Наибольший экономический эффект от применения крыла из композитов достигается на протяженных трассах. На авиатрассах средней и малой протяженности полученный эффект снижается, вплоть до отрицательных значений.

4. Для успешной эксплуатации композитного крыла, необходима развитая система сервисного обслуживания, диагностики и передачи оперативной информации о состоянии конструкции во время эксплуатации.

5. Необходимые исследования в организацию производства и сервиса длинного композитного крыла требуют колоссальных средств и времени.

6. С учетом размера инвестиций, достигнуть окупаемости проекта возможно при масштабном тиражировании изделия. В данном конкретном случае счет идет на тысячи.

7. В свою очередь необходимость достижения заданных количественных показателей требует доступа к глобальному (мировому рынку сбыта). Сделано это было за счет привлечения большого количества субподрядчиков из Великобритании, Японии, Италии и др. стран. Взамен на свое участие в программе производства B-787 иностранные поставщики, обязались заказать большое количество готовых авиалайнеров, отказавшись от продукции Airbus-главного конкурента Boeing.

Часть 2 История появления МС-21.

В первой части были кратко изложена история применения композитных материалов в современной авиации, на примере Boeing-787.

Теперь обратимся непосредственно к главной теме статьи- композитному- «черному крылу» МС-21.

В начале необходимо осветить историю возникновения проекта МС-21.

Изначально проект МС-21 разрабатывался в конструкторском бюро Яковлева. Новый авиалайнер должен был нести шифр Як-242 (первоначально Як-46) и представлял собой логическое продолжение региональных лайнеров Як-40 и Як-42.

Указанные лайнеры разрабатывались в СССР для замены эксплуатируемых в СССР в региональной авиации-Ил-14, Ил-18 и частично Ан-24.

По сравнению с предшественниками, авиалайнеры Яковлева отличали улучшенный комфорт для пассажиров и относительно высокая скорость полета (600-750 км/час).

В то же время Як-40 и Як-42 обладали высокими взлетно – посадочными характеристиками и отличались простотой в эксплуатации. Так двигатели Яков не имели реверса, что значительно упрощало конструкцию двигателя и его обслуживание. Самолеты имели высокую тягу вооруженность, что позволяло использовать их с коротких взлетно-посадочных полос региональных аэродромов. Этому же способствовало и крыло большой площади, обеспечивающее невысокую посадочную скорость.



Наличие трех мощных двигателей и крыла оптимизированного для эксплуатации с коротких взлетно-посадочных полос вело к относительно высокому расходу топлива, а, следовательно, ограниченной дальности полета. (2000 км.).

В общем и целом, Як-40 и Як-42 давали возможность эксплуатировать имеющуюся инфраструктуру без дорогостоящих вложений в модернизацию, - например удлинение взлетно-посадочных полос.

Другими словами, керосин обходился дешевле чем строительные работы по расширению аэродромов.

Потому, будущий Як-242 должен был стать логическим развитием региональных лайнеров Як-40 и Як-42, сохранив их достоинства и в то же время избавившись от их недостатков!

Избавиться от недостатков можно было заменив двигатели и крыло, что и предлагалось в ранней версии Як-242.

Количество двигателей при этом сокращалось до двух, а сами они перемещались из хвостовой части под крыло. Двигатели носили шифр ПС-12 и должны были обеспечить суммарную тягу в 24 тонны, что превышало показатели Як-42 (суммарная тяга трех двигателей Д-36 - 19,5 - 22 тонны).

Разработчиком и поставщиком авиадвигателя были выбраны российские КБ «Авиадвигатель» и «Пермские моторы» из Перми.

Як-242 уже переименованный в МС-21. Хорошо видны винглеты на законцовках крыльев, от которых в последствии, по непонятным причинам отказались. Двигатель ПС-12.



В общем должна была появиться весьма совершенная машина, для региональных и ближнемагистральных маршрутов. Обладая взлетной массой в 60 тонн, принимая на борт 130-150 пассажиров, Як-242 являлся отличным дополнением для, более тяжелого (100 т) и вместительного (200 мест) Ту-204 СМ.

И такой самолет появился,-только не в России, а в Канаде.



И назывался он CS-300, имеет композитное крыло и вместимость 130-160 пассажиров. К нему мы еще вернемся.

В настоящее время программа CS-300 называется Airbus -220 и принадлежит европейцам из одноименной компании.

А что же в России.

А в России началась эра «Суперджет-100».

В российском конкурсе на создание регионального самолета 60-75 мест, для замены Ту-134 победителем неожиданно стал RRJ-75, вместо Ту-324. Потом так же внезапно, условия конкурса изменились- RRJ-75 раздулся до 100-130 мест, превратившись в Суперджет-100.

Может возникнуть вопрос, а какое отношение это все имеет к проекту Як-242?

Как оказалось, самое непосредственное!

Раздувшийся Суперджет-100, патронируемый американцами из Boeing вытеснил Як-242 из регионального сегмента в нишу вместимостью 150-200 мест, занимаемую Ту-204.

Производство последнего, уже готового к производству в виде, продвинутой версии Ту-204СМ,-было приостановлено.

Як-242 превратился МС -21-300, стал больше и тяжелее на 25 %, дороже, получил американские двигатели и оборудование. Сам самолет переориентирован на экспорт, разработка двигателей ПС-12 была остановлена.

Главным исполнителем в проекте стал Иркутский – «Иркут», тесно связанный с Госкорпорацией «Ростех».

Весьма скромные планы на производство Як-242(200 шт.), после трансформации в МС-21 превратились в совершенно не реальные 700-1000 шт.

Вот так Як-242 стал МС-21-300

А что же крыло? В том то и дело что крыло по размерам- размах, площадь, осталось, без изменений.

Подведем итог 2 части:

1.Изначально проект МС-21 назывался Як-242, и должен был стать логическим развитием региональных лайнеров Як-40 и Як- 42.

2.В ходе трансформации проект переместился, в нишу Ту-204СМ, в результате производство последнего было заморожено, а его место заняли иностранные лайнеры - Boeing 737 и Airbus –А 320.

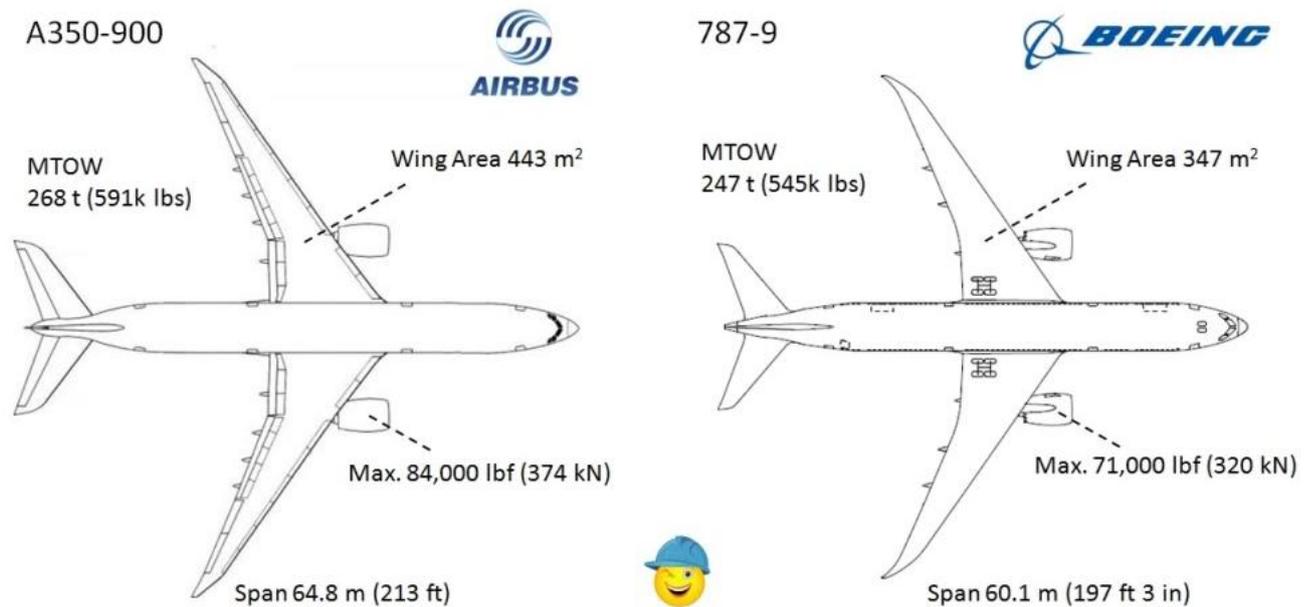
3.Применение композитного крыла вкупе с широким использованием импортных комплектующих и технологий увеличило стоимость лайнера до 80 млн.дол. а последующем привело к заморозке проекта.

Часть3.Черное крыло МС-21 и международная практика.

Ранее были изложены история и причины появления «черного крыла» в авиации, и результаты применения данного технического решения на примере Boeing 787.

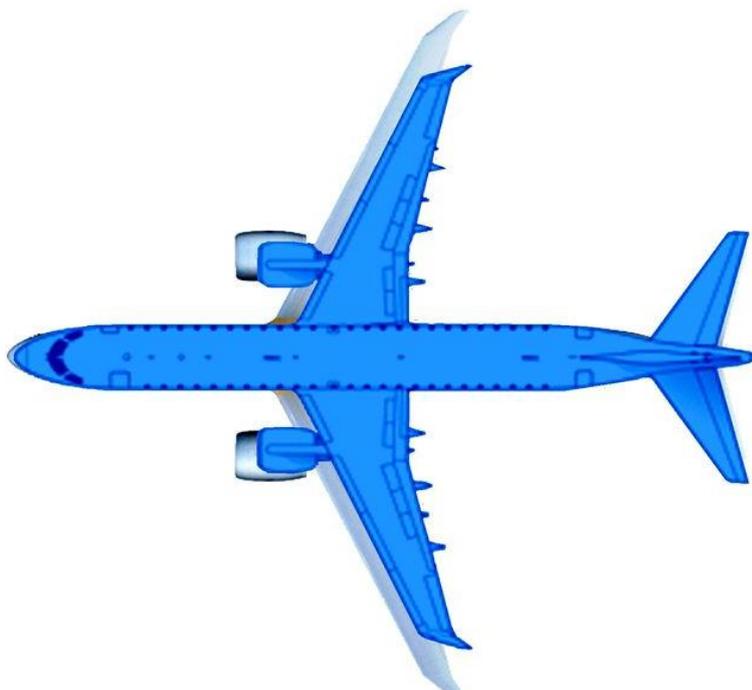
В концепции Boeing 787 применение композитов, позволило получить крыло большого, размах -60 метров, что в итоге и позволило добиться качественного роста характеристик.

Подобный подход вскоре был использован европейцами Airbus –А 350 -900 (+8 %).



Еще дальше пошел бразильский EMBRAER-, в ходе модернизации своего флагмана –EMB-195E2 прибавил 22% к размаху по сравнению с предыдущей моделью -EMB -195.

Компания уверяет что, удалось добиться 17 % экономии топлива. Вполне возможно, что имела место технологическая поддержка Boeing, который, позже с 2018 приобрел контроль над бразильской компанией.



Сравнение проекций EMB -195 и EMB-195E2

На этом фоне в концепции MC-21 применяется «короткое» крыло относительно малого размаха (36м.). Причина такого решения – законодательные ограничения на размах крыла для лайнеров размерности MC-21, - Boeing 737 и Airbus –A 320 принятый в Европе и Америке.

А это значит, что, удлинить его невозможно, следовательно, и применение композитов выглядит неразумным. Понесенные затраты просто не окупятся, так как результат будет незначительный или отсутствовать вовсе.

Напротив, конкуренты MC-21 - поступили практичнее. На аналогах MC-21 Boeing 737 и Airbus –A 320 крыло оставили металлическим, но применили новую версию специальных

законцовок крыла – винглеты - вертикальные крылышки для того что бы компенсировать недостаточный размах крыла, без увеличения геометрических размеров.



В МС-21 подобные решения отсутствуют, что выглядит шагом назад, в том числе – по сравнению отечественными Ту-204 и Ил-96.



На этом фоне, крайне неубедительно, выглядят заверения разработчиков что,- мол и «так сойдет».

Якобы появление неких технологий и материалов, сделало установку винглет ненужными.

Им вторит и российская наука в лице, зам. директора ЦАГИ С. Ляпунова, предлагающего использовать винглеты попозже, в качестве некоего резерва.

По мысли авторов, таких заявлений, конкуренты МС-21, видимо доступа к новым материалам и технологиям не имеют, а десятки тысяч Boeing и Airbus производятся с помощью топора и напильника.

При этом сама польза от установки винглет (7 % экономии топлива), не отрицается!

Как же это понимать? Это что же, фора, выданная конкурентам?

Что в итоге?

А в итоге напрашиваются следующие выводы- в данной конфигурации, с композитным крылом ограниченного размаха (36 м) МС-21 будет уступать, своим прямым конкурентам из Boeing и Airbus не смотря на применение «черного крыла» и аналогичных двигателей.

Не меньшее количество сомнений вызывает, и организация производства самого «черного крыла»

Если американцы целиком опирались на собственный производственный и научный опыт, то в РФ выбрали другой путь- целиком положиться на иностранных подрядчиков.

ОАК имея незагруженные мощности по производству изделий из композитов в Обнинске, Воронеже и Казани, строит в чистом поле новый завод – «Аэрокомпозит» стоимостью 8 млрд. рублей.

Все это выглядит очень странно, и логического объяснения иметь не может.

Дальше больше,- в качестве головного проектанта выбирается австрийская фирма FACC, имеющая нулевой опыт в конструировании крыла авиалайнеров! Не имея возможности самостоятельно изготовить образец крыла, фирма FACC просто заказывает его в Германии!

Как же компания, не имеющая опыта самостоятельного производства элементов крыла, сможет организовать производство в России? Да запросто!

И она организовала, -за 8 млрд. рублей, ОАК в лице своего предприятия «Аэрокомпозит», для производства крыла МС-21 получило технологию WARTM. (так называемую «инфузионную»).

Предложенная FACC технология, подавалась в прессе как нечто суперсовременное. Ну и конечно не имеющая аналогов,-как же без этого.

Попробуем разобраться –так ли это?

Данная технология в чистом виде никогда не применялась для производства элементов силового набора крыла авиалайнеров, так как имеет несколько принципиальных недостатков- низкую производительность, сложность производства, недостаточную прочность.

Данное мнение, поддерживает и отраслевая наука, в материалах института ВИАМ прямо говорится, что – «технологию WARTM целесообразно применять в конструкциях, где отсутствуют требования по высоким механическим свойствам. http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1179

Все дело в том, что прочность композитных конструкций напрямую зависит от прикладываемого к заготовке давления. Предложенный же, австрийской FACC метод, выглядит в этом отношении не лучшим образом.

Напротив, в технологии изготовления крыла для Boeing 787 используется автоклав, который создаёт давление в 8 раз большее, чем используемой на «Аэрокомпозит» технологии WARTM.

По данным того же ВИАМ, композиты, полученные автоклавным способом формования, обеспечивают высокое качество готового изделия (пористость – до 1%, стабильность физико-механических свойств и геометрических размеров).

В отечественной практике автоклавный способ применен при изготовлении крыла модифицированного Як-40 –STR-40. Необходимо обратить внимание что композитное крыло самолета имеет винглеты.



Осознав проблему, руководство проекта МС-21 попыталось заручиться технологической помощью компании Bombardier, которая готовила к производству свой региональный лайнер CS-300, оснащенный композитным крылом.

Были озвучены намерения покупки 100 лайнеров CS-300, и даже приобрести компанию целиком.

Интерес к Bombardier, был вызван наличием у компании практического опыта по созданию композитных конструкций, на базе собственного инжинирингового центра компании в Белфасте.

В технологии Bombardier для получения нужного давления использован метод RTM. В данном способе для получения необходимого давления используется гидравлически пресс, что позволяет добиться высокого качества на выходе.

Дело кончилось тем что, сделку заблокировали конкуренты МС-21, а потом Bombardier, и вовсе перешел под контроль Airbus.

Производственные проблемы с получением «черного крыла» стали причиной роста стоимости проекта и переноса готовности первых образцов МС-21 на 2-3 года.

Подведем итог 3 части:

1. Применение «черного крыла» в конструкции современных авиалайнеров вызвано не модой, а общей тенденцией к увеличению геометрических размеров крыла, в целях получения экономии топлива.

2. Применение «черного» крыла в конструкции ближнемагистральных лайнеров, таких как Boeing 737 и Airbus –A 320, MC-21, нецелесообразно ввиду ограничения размеров крыла для этого типа воздушных судов, в 36 м.

3. Рассчитывать на серьезный прогресс в производстве композитных конструкций для авиации, за счет заимствования технологий опрометчиво. Передовыми технологиями никто делиться не будет, что и демонстрирует ситуация с «Аэрокомпозит» и история с Bombardier.

4. Использование в проекте MC-21 «черного» крыла стали причиной срыва сроков готовности и удорожания проекта. Еще большие сложности ожидаются в ходе сертификации MC-21.

Заключение.

Применение «черного» композитного крыла в проекте MC-21, является не достоинством проекта, а скорее его недостатком. Крыло MC-21 выглядит явным анахронизмом на фоне мировых тенденций в авиастроении.

В данной конфигурации, с крылом ограниченного размаха (36 м) MC-21 будет уступать, своим зарубежным и отечественным конкурентам таким как B- 737, A -320, Ту-204СМ, не смотря на применения «черного крыла» и аналогичных двигателей.

Одним, словом применение «черного» крыла нагроулило проект рисками без соответствующей компенсации в виде роста технических характеристик.

С учетом наличных, производственных проблем «черное» крыло является источником финансовых и технических рисков. Уже сейчас можно прогнозировать серьезные проблемы с сертификацией самолета в РФ и за рубежом. В общем, на воздушных трассах самолет мы увидим еще не скоро.

Перспективы поставок MC -21 на экспорт, сотнями штук вообще перешли в область несбыточных фантазий.

На этом фоне решение об отказе от производства. полностью Ту-204СМ – ошибка, повлекшая за собой большие потери для российской авиации и авиакомпаний.

При цене в 2,5 млрд. рублей Ту-204СМ был отличной альтернативой MC -21 стоимостью 5,5 млрд.руб(из них 2,5 млрд.руб. двигатели PW1400G).

На сумму – 450 млрд.руб, в которую ныне оценивается проект MC-21, можно было произвести как минимум две сотни Ту-204СМ, удовлетворив и запросы собственного рынка так и потребности зарубежных заказчиков.

Таким образом проект MC-21 не только не способствовал развитию отечественного авиастроения, а наоборот стал орудием в руках международных авиастроительных гигантов по захвату российского рынка и разгрому аэрокосмической отрасли Российской федерации.

P.S. Данный материал подготовлен в 2018 году, развитие ситуации вокруг проекта MC-21 подтверждает сделанные в статье выводы.